

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 45 019 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7: 10)  
H 01 L 21/8234

②1 Aktenzeichen: 100 45 019.9  
②2 Anmeldetag: 12. 9. 2000  
④3 Offenlegungstag: 4. 4. 2002

BEST AVAILABLE COPY

DE 100 45 019 A 1

⑦1 Anmelder:  
Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Kyonggi, KR

⑦4 Vertreter:  
Kuhnen & Wacker Patentanwalts-gesellschaft mbH,  
85354 Freising

⑦2 Erfinder:  
Kim, Min, Kyunki, KR; Kim, Sung-Tae, Soul, KR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Halbleitergerät mit bestimmtem gewünschtem Gateprofil und Verfahren zu seiner Herstellung

⑤7 In einem Verfahren zur Herstellung eines nichtflüchtigen Speichers oder eines anderen Halbleitergerätes wird ein Steuergate aus leitfähigem Material in gleichförmiger Gestalt ausgebildet. Das Verfahren umfaßt die Erzeugung einer Siliziumschicht auf einer Puffer-Oxidschicht an einem Halbleitersubstrat. Nach der Bildung der Puffer-Oxidschicht wird eine Stoppschicht gebildet. Das Steuergate aus leitfähigem Material, beispielsweise ein schwimmendes Gate in einem EEPROM-Speichergerät, wird erzeugt, indem die Siliziumschicht, die Gate-Oxidschicht und das Substrat mit Muster versehen werden und dann in dem oberen Teil des Substrates ein Graben gebildet wird. Die Gleichförmigkeit erhält man durch Oxidieren der Seitenwände des Grabens zur Erzeugung vogelschnabelartiger Bereiche am oberen und unteren Teil des Steuergatematerials. Dann wird eine Feld-Oxidschicht gebildet, welche den Graben auffüllt. Da sich die vogelschnabelartigen Bereiche gleichmäßig sowohl am oberen als auch am unteren Teil des Steuergatematerials während der Oxidation der Seitenwände des Grabens ausbilden, erhält man eine gleichförmige Gestalt, wobei die Gleichförmigkeit daraus resultiert, das die Seitenwände des schwimmenden Gates daran gehindert werden, beispielsweise positive Neigungen anzunehmen.

DE 100 45 019 A 1

## DE 100 45 019 A 1

1

## Beschreibung

## Hintergrund der Erfindung

## Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuergateelektrode, beispielsweise ein schwimmendes Gate in einem Speichergerät, sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung. Insbesondere aber betrifft die Erfindung eine Technik zur selbstausrichtenden, seichten Grabenisolation, wobei gleichzeitig eine Gateelektrode und ein aktiver Bereich davon gebildet werden.

## Beschreibung des in Betracht kommenden Standes der Technik

[0002] Bei der Herstellung von Speichergeräten ist die Packungsdichte der Zellen in erster Linie durch die Anordnung der Zellen innerhalb einer Gruppe und die körperlichen Abmessungen der Zellen selbst bestimmt. Unterhalb der Halb-Mikron-Konstruktionsregel sind die Möglichkeiten der Bemessung durch die photolithographische Auflösung, die während der Herstellung erreichbar ist, und durch Ausrichtungstoleranzen von Masken begrenzt, die während der Herstellung eingesetzt werden. Ausrichtungstoleranzen sind ihrerseits durch mechanische Techniken, die zur Bildung der Masken eingesetzt werden, und durch die Techniken begrenzt, die zur Ausrichtung dieser Masken zwischen den Schichten verwendet werden. Da sich Ausrichtungsfehler während einer Fabrikation in mehreren Stufen aufaddieren, werden vorzugsweise so wenig Masken wie möglich verwendet. Weniger Masken minimieren die Wahrscheinlichkeit einer Fehlausrichtung. Demzufolge wurden sogenannte selbstausrichtende Verfahrensschritte zur Herstellung von Halbleitergeräten entwickelt.

[0003] Isolationsstrukturen, beispielsweise Feldoxide, zwischen einzelnen Zellen innerhalb der Speicherzellenanordnung nehmen Bereiche auf dem Chip ein, die anderenfalls nutzbar für aktive Schaltungsbereiche verwendet werden könnten. Um daher die Packungsdichte der Speicherzellen und der aktiven Schaltungsbereiche innerhalb des Substrats zu erhöhen, ist es wünschenswert, die Größe dieser Isolationsstrukturen minimal zu machen. Die Größe der Isolationsstruktur wird jedoch im allgemeinen durch das Verfahren ihrer Herstellung und durch die Ausrichtung dieser Struktur diktiert.

[0004] Typischerweise wird eine Isolationsstruktur durch Aufwachsenlassen in verschiedenen Bereichen des Chips in einem thermischen Feld-Oxidationsprozeß erzeugt, beispielsweise als örtliche Oxidation von Silizium (nachfolgend als "LOCOS" bezeichnet). Gemäß dem LOCOS-Verfahren wird, nachdem nacheinander eine Fleck-Oxidationschicht und eine Nitridschicht gebildet worden sind, die Nitridschicht einer Mustererzeugung unterworfen. Dann wird die mit Muster versehene Nitridschicht als eine Maske verwendet, um selektiv das Siliziumsubstrat zu oxidieren, so daß die Feld-Oxidationsbereiche gebildet werden. Betrachtet man jedoch die LOCOS-Isolation, so kann das Wachstum des Oxids sich auf die Seitenebenen des Oxidschicht-Flecks zu niedrigeren Bereichen der Nitridschicht, welche als Maske dient, während der selektiven Oxidation des Siliziumsubstrats ausbreiten, wodurch das entsteht, was als Vogelschnabel am Endbereich der Feld-Oxidschicht bezeichnet wird. Aufgrund der Bildung des Vogelschnabels erstreckt sich die Feld-Oxidschicht in den aktiven Bereich der Speicherzelle hinein und verkleinert daher die Breite des aktiven Bereiches. Diese Erscheinung ist nicht erwünscht, da

2

sie die elektrischen Eigenschaften des Speichergerätes verschlechtert.

[0005] Aus diesem Grund ist eine seichte Grabenisolationsstruktur (nachfolgend als "STI" bezeichnet) für die Herstellung von ultra hoch bemessenen Halbleitergeräten attraktiv. In dem STI-Verfahren wird ein Siliziumsubstrat erst zur Bildung eines Grabens geätzt, und dann wird eine Oxidschicht abgelagert, um den Graben aufzufüllen. Hiernach wird die Oxidschicht durch ein Rückätzen oder ein chemisch-mechanisches Einebnungsverfahren (CMP) geätzt, um eine Feld-Oxidschicht innerhalb des Grabens zu erzeugen. Die vorerwähnten LOCOS- und STI-Verfahren umfassen im allgemeinen einen Maskierungsschritt, der die Bereiche auf dem Substrat für die Isolationsstruktur definiert, sowie einen Schritt, durch den die Feld-Oxidschicht innerhalb dieser Bereiche gebildet wird. Nach Herstellung der Isolationsstruktur werden Schritte zur Bildung der Speicherzellen durchgeführt. Dabei akkumulieren sich Ausrichtungsfehler, die mit der Bildung der Isolationsstruktur und der Speicherzellen in Beziehung stehen und eine Fehlausrichtung einführen, die in einer Fehlerhaftigkeit des Gerätes resultieren kann.

[0006] Wenn ein schwimmendes Gate beispielsweise eines nicht flüchtigen Speichergerätes hergestellt wird, so sieht ein Verfahren zur Verminderung der Fehlausrichtung die Erzeugung einer LOCOS-Isolationsstruktur unter Verwendung eines selbstausgerichteten, schwimmenden Gates vor, beispielsweise gemäß dem Verfahren, das in dem US-Patent 6 013 551 (erteilt an Jong Chen, u. a.) offenbart ist. Gemäß der dort beschriebenen Verfahren werden ein schwimmendes Gate und ein aktiver Bereich davon gleichzeitig umgrenzt und hergestellt, wobei eine einzige Maske verwendet wird, so daß sich Ausrichtungsfehler nicht aufaddieren.

[0007] Nicht flüchtige Speichergeräte werden in Flash-Speichern verwendet und haben eine Langzeit-Speicherkapazität, beispielsweise nahezu gegen unendlich gehend. In den letzten Jahren hat der Bedarf an solchen, elektrisch programmierbaren Flash-Speichergeräten, beispielsweise EEPROMS, zugenommen. Speicherzellen dieser Geräte haben im allgemeinen vertikal gestapelte Gatestrukturen mit einem schwimmenden Gate, das an dem oberen Teil des Siliziumsubstrats gebildet ist. Die mehrschichtige Gatestruktur enthält typischerweise eine oder mehrere Tunnel-Oxidschichten oder dielektrische Schichten und ein Steuergate über und/oder um das schwimmende Gate. In einer Flash-Speicherzelle mit dieser Struktur werden Daten gespeichert, indem Elektronen zu und von dem schwimmenden Gate übertragen werden, was erreicht wird, indem eine Steuerspannung an das Steuergate und das Substrat gelegt wird. Das Dielektrikum arbeitet in der Weise, daß das Potential des schwimmenden Gate aufrecht erhalten wird.

[0008] Wenngleich selbst ausgerichtete STI-Verfahren den Vorteil einer gleichzeitigen Bildung der schwimmenden Gates und aktiver Bereiche haben, besteht doch noch ein Nachteil darin, daß das Sichtverhältnis von bei dem Verfahren gebildeten Zwischenräumen vergrößert wird, was die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Rändern oder Leerräumen innerhalb des Grabens während der Füllung des Grabens erhöht. Wird außerdem eine Oxidschicht mit Plasma hoher Dichte (nachfolgend als "HDP" bezeichnet) zur Füllung dieser Spalte oder Zwischenräume verwendet, so wird während der Ablagerung der HDP-Oxidschicht der Randbereich einer Polier-Endpunkt-Detektorschicht, die unter der HDP-Oxidschicht liegt, erodiert, wodurch in unerwünschter Weise eine negative Neigung an dem Feld-Oxidbereich geschaffen wird. Aus diesem Grunde werden rund um den Boden der geneigten Teile der Feldbereiche während nachfol-

## DE 100 45 019 A 1

3

4

gender Gate-Ätzschritte Gate-Residuen erzeugt.

[0009] Die oben beschriebenen Schwierigkeiten können beseitigt werden, indem die Bedingungen während der Ablagerung der HDP-Oxidschicht optimiert werden, um die Füllkapazität des Zwischenraumes zu vergrößern oder indem ein Verfahren verwendet wird, daß die negative Neigung des Feldbereiches mittels eines nassen Ätzmittels beseitigt.

[0010] Die Fig. 1A bis 1E sind perspektivische Ansichten eines Substrats, welche nacheinander ein Verfahren zur Herstellung eines herkömmlichen Flash-Speichergerätes unter Einsatz einer selbst ausgerichteten STI-Technik erläutern.

[0011] Es sei zunächst Fig. 1A betrachtet. Nach Erzeugung einer Gate-Oxidschicht (d. h. einer Tunnel-Oxidschicht) 11 auf einem Siliziumsubstrat 10 werden eine erste Polysiliziumschicht 13 und eine Nitridschicht 15 nacheinander auf der Gate-Oxidschicht 11 gebildet.

[0012] Unter Bezugnahme auf Fig. 1B ist festzustellen, daß ein photolithographischer Prozeß durchgeführt wird, um die Nitridschicht 15, die erste Polysiliziumschicht 13 und die Gate-Oxidschicht 11 mit einem Muster zu versehen, um ein Nitridschichtmuster 16, ein erstes schwimmendes Gate 14 und eine Gate-Oxidschicht 12 auszubilden. Hiernach werden freiliegende Teile des Substrates 10 auf eine vorbestimmte Tiefe geätzt um Gräben 18 zu erzeugen. D. h. die aktiven Bereiche und die schwimmenden Gates werden unter Verwendung einer einzigen Maske während des Verfahrens der Grabenbildung gleichzeitig definiert.

[0013] Nunmehr sei auf Fig. 1C bezug genommen. Die freiliegenden Teile des Grabens 18 werden in einer umgebenden Sauerstoffatmosphäre einer Wärmebehandlung ausgesetzt, um die Siliziumbeschädigungen zu heilen, die während des Grabenätzprozesses durch Bombardement mit Ionen hoher Energie verursacht wurden. Hierbei wird eine Graben-Oxidschicht 20 längs der Innenfläche einschließlich des Bodens und der Seitenwand des Grabens 18 durch Oxidationsreaktion des freiliegenden Siliziums mit einem Oxidationsmittel gebildet.

[0014] Während des obengenannten Oxidationsprozesses breitet sich das Oxidationsmittel auf den Seiten des Gate-Oxidschichtmusters 12 am unteren Teil des ersten schwimmenden Gates 14 aus, so daß Vogelschnäbel an beiden Enden des Gate-Oxidschichtmusters 12 erzeugt werden. Da die Vogelschnäbel vorhanden sind, sind die unteren Randbereiche des schwimmenden Gate 14 nach auswärts gebogen, wobei die beiden Endbereiche des Gate-Oxidschichtmusters 12 sich ausdehnen und die unteren Teile der Seitenwände des ersten schwimmenden Gate 14 eine positive Neigung haben. Hier zeigt die positive Neigung an, daß die Neigung gegenüber dem Ätzmittel eine Seitenwanderosion zuläßt. Mit anderen Worten, das Eindringen des Oxidationsmittels in den Bereich unter dem Nitridschichtmuster 16 wird, wie in der Zeichnung gezeigt, durch das Vorhandensein des Nitridschichtmusters 16 blockiert, derart, daß eine negative Neigung im oberen Teil der Seitenwand des ersten schwimmenden Gates 14 entsteht. Währenddessen ist der untere Randbereich des unteren Teiles des ersten schwimmenden Gates 14 nach auswärts gebogen, so daß er eine positive Neigung hat und durch Ätzmittel erodiert wird, daß vom oberen Teil des Substrates in derselben Weise eingeführt wird, wie in die Seitenwand einer Mesastruktur, oder um als Stoppschicht für die darunter liegende Schicht zu wirken, wenn das Ätzmittel angewandt wird, was nicht erwünscht ist.

[0015] Es sei jetzt auf Fig. 1D Bezug genommen. Nach Bildung einer Oxidschicht (nicht gezeigt) durch eine chemische Dampfablagerung (nachfolgend als "CVD" bezeichnet) zur Auffüllung des Grabens 18 wird die CVD-Oxidschicht

durch ein CMP-Verfahren bis zur Freilegung der Oberfläche des Nitridschichtmusters 16 entfernt. Als Ergebnis erhält man eine Feld-Oxidschicht 22, welche die Oxidschicht innerhalb des Grabens 18 enthält.

[0016] Nach Entfernen des Nitridschichtmusters 16 durch ein Phosphorsäure-Stripverfahren wird ein Material, welches identisch zu demjenigen der ersten Polysiliziumschicht 13 ist, abgelagert, um eine zweite Polysiliziumschicht (nicht dargestellt) zum Zwecke der Herstellung eines zweiten schwimmenden Gates oberhalb des ersten schwimmenden Gates 14 und der Feld-Oxidschicht 22 zu bilden. Die zweite Polysiliziumschicht über der Feld-Oxidschicht 22 wird teilweise mittels eines photolithographischen Verfahrens geätzt, um in einer Zelle ein zweites schwimmendes Gate 24 zu bilden, daß von denjenigen benachbarter Zellen getrennt ist. Das zweite schwimmende Gate 24 hat elektrisch Kontakt mit dem ersten schwimmenden Gate 14 und dient zur Vergrößerung der Fläche der elektrischen Zwischenschicht, die in einem nachfolgenden Verfahrensschritt erzeugt wird.

[0017] Dann werden eine ONO-Dielektrikumsschicht 26 und eine Steuer-Gateschicht 28 der Reihe nach auf der gesamten Oberfläche der resultierenden Struktur gebildet. Die Steuer-Gateschicht 28 wird im allgemeinen durch eine polykristalline Struktur gebildet, die dadurch erhalten wird, daß eine dotierte Polysiliziumschicht und eine Wolfram-Silizidschicht übereinander gestapelt werden.

[0018] In Fig. 1E ist gezeigt, daß die Steuer-Gateschicht 28 durch ein photolithographisches Verfahren mit Muster versehen ist. Nachfolgend werden die freiliegende, dielektrische Zwischenschicht 26 und das zweite sowie das erste schwimmende Gate 24 und 14 durch einen Trockenätzprozess anisotrop geätzt, um das nichtflüchtige Speichergerät fertigzustellen.

[0019] Zu dieser Zeit hat, wie in einem durch eine gestrichelte Linie A in Fig. 1D kenntlich gemachten Bereich gezeigt ist, der untere Teil der Seitenwand des ersten schwimmenden Gates 14 eine positive Neigung. Durch die Eigenheiten des anisotropen Ätzbereichs (d. h. wobei das Ätzen nur in Vertikalrichtung stattfindet) des Trockenätzverfahrens wird daher der untere Randbereich des ersten schwimmenden Gates 14, der durch die Feld-Oxidschicht 22 maskiert ist, nicht geätzt und bleibt intakt. Dies hat zur Folge, daß ein linienförmiger Polysiliziumrest 14a längs der Oberflächen-grenze zwischen der Feld-Oxidschicht 22 und dem aktiven Bereich gebildet wird. Der Polysiliziumrest 14a bildet eine elektrische Brücke zwischen benachbarten, schwimmenden Gates, was zu einer elektrischen Fehlerhaftigkeit des Gerätes führt.

## Zusammenfassung der Erfindung

[0020] Es ist daher ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines nicht flüchtigen Speichergerätes oder anderen Gerätes zu schaffen, das ein Gate oder eine andere leitfähige Struktur eines bestimmten, gewünschten Profils hat, beispielsweise eine schwimmende Gate-Struktur in einem Flash-Speichergerät, wobei das Verfahren eine positive Neigung an den Seitenwänden während der Herstellung vermeidet.

[0021] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 oder 8 oder 21 gelöst. Eine Lösung wird auch durch ein Halbleitergerät bzw. eine Struktur gemäß den Ansprüchen 32 und 39 erreicht.

[0022] Um das oben angesprochene Ziel der Erfindung zu erreichen, wird ein selbst ausrichtendes Verfahren zur Herstellung geschaffen, und es wird ein entsprechendes Halbleitergerät angegeben, das ein schwimmendes Gate und einen zugehörigen, aktiven Bereich davon enthält. Das schwim-

DE 100 45 019 A 1

5

6

mende Gate und der aktive Bereich werden in einem Substrat eines Halbleiter-Speichergerätes in einem Bereich gebildet, der zumindest teilweise durch eine Feld-Oxidregion umgrenzt ist, die in einem Graben gebildet ist. Der Graben wird zusammen mit der Bildung mindestens eines ersten Segmentes des schwimmenden Gates erzeugt. Das Verfahren enthält die gleichförmige Bildung eines Oxids an Seitenwänden eines ersten Segments des schwimmenden Gates durch Bildung einer Pufferschicht über einem ersten Segment des Gates vor der Bildung des Grabens und einer nachfolgenden Entfernung der Pufferschicht. Hierdurch erreicht man eine gleichförmigere Oxidation der Seitenwände des ersten Segments vor Ablagerung mindestens eines weiteren Segments von leitfähigem Material über dem ersten Segment des schwimmenden Gates.

[0023] In einer anderen Ausführungsform wird eine Gate-Oxidschicht auf einem Halbleitersubstrat, eine erste leitfähige Schicht auf der Gate-Oxidschicht und eine Pufferschicht (beispielsweise eine Oxidschicht) auf der ersten leitfähigen Schicht erzeugt. Dann wird eine Stoppschicht auf der Pufferschicht gebildet, und die Stoppschicht sowie die Pufferschicht werden in ein Muster gebracht, um ein Stoppschichtmuster und ein Pufferschichtenmuster zu erzeugen. Hiernach werden die erste leitfähige Schicht und die Gate-Oxidschicht in ein Muster gebracht, um eine Schicht für das schwimmende Gate als erste leitfähige Musterschicht und ein Muster in der Gate-Oxidschicht zu erzeugen, und der obere Teil des Substrates wird geätzt, um einen Graben zu bilden. Der Innenflächenteil des Grabens wird oxidiert, um eine Graben-Oxidschicht längs der Innenfläche des Grabens zu bilden, und es werden vogelschnabelartige Ausbildungen an oberen und unteren Teilen der Schicht des schwimmenden Gate erzeugt, um die Bildung einer positiven Profilneigung an der Seitenwand der Musterschicht entsprechend dem schwimmenden Gate zu vermeiden. Schließlich wird eine Feld-Oxidschicht erzeugt, um den Graben aufzufüllen. Weiterhin wird zum Erreichen der obigen Merkmale der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes in solcher Weise ausgeführt, daß eine Gate-Oxidschicht auf einem Halbleitersubstrat gebildet wird, daß weiter eine erste leitfähige Schicht auf der Gate-Oxidschicht gebildet wird und daß eine Pufferschicht, beispielsweise eine Oxidschicht, auf der ersten leitfähigen Schicht erzeugt wird. Dann wird eine Stoppschicht auf der Pufferschicht gebildet. Die Stoppschicht, die Pufferschicht, die erste leitfähige Schicht, die Gate-Oxidschicht und das Substrat werden in ein Muster gebracht, in dem eine einzige Maske verwendet wird, um aus der ersten, leitfähigen Schicht ein schwimmendes Gate zu formen. Auch wird gleichzeitig ein Graben, der mit dem schwimmenden Gate ausgerichtet ist, innerhalb des Substrates neben dem schwimmenden Gate gebildet, um einen aktiven Bereich des Substrates zu definieren. Hiernach wird der Innenflächenteil des Grabens oxidiert, um eine Graben-Oxidschicht längs der Innenfläche des Grabens auszubilden, und es werden vogelschnabelartige Bereiche an den oberen und unteren Teilen der schwimmenden Gateschicht erzeugt, um die Bildung einer positiven Profilneigung an der Seitenwand der in ein Muster gebrachten schwimmenden Gateschicht zu vermeiden. Schließlich wird eine Feld-Oxidschicht zum Auffüllen des Grabens erzeugt.

[0024] Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird eine Pufferschicht zwischen der Schicht des schwimmenden Gate und der Nitridschicht gebildet, welche als Oxidationsmaskenschicht zur Erzeugung der vogelschnabelartigen Bereiche sowohl an den oberen als auch den unteren Teilen der Schicht des schwimmenden Gate während des nachfolgenden Oxidierens der Seitenwände dient. Hierbei verhindern die vogelschnabelartigen Bereiche, daß

die Seitenwände der Schicht des schwimmenden Gate eine positive Neigung haben, wodurch eine Fehlerhaftigkeit des Gerätes verhindert wird, die durch Gaterestbereiche während des folgenden Ätzens des Gate eingeführt würden.

[0025] Zusätzlich zu den Verfahren umfaßt die Erfindung weiterhin ein Halbleiter-Speichergerät mit schwimmendem Gate und Teile davon, wie sie Gegenstand der anliegenden Ansprüche bilden.

#### Kurze Beschreibungen der Zeichnungen

[0026] Die obigen Merkmale und weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden noch besser verständlich durch Bezugnahme auf die erläuterten Ausführungsformen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen, in welchen:

[0027] Fig. 1A bis 1E ein Verfahren zur Herstellung eines Flash-Speichergerätes mit selbst ausgerichteten, seichten Isolationsgrabenbereichen gemäß dem Stande der Technik zeigen;

[0028] Fig. 2A bis 2I ein Verfahren zur Herstellung eines nicht flüchtigen Speichergerätes mit schwimmendem Gate gemäß einer ersten Ausführungsform zeigen;

[0029] Fig. 3 einen vergrößerten Schnitt des Bereiches B von Fig. 2D wiedergibt, und

[0030] Fig. 4A und 4B ein Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes mit schwimmenden Gate gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

#### Beschreibung von erläuternden Ausführungsformen

[0031] Nachfolgend wird eine bevorzugte Ausführungsform unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Immer dann, wenn von einer Schicht einer Struktur, einem Muster in der Weise die Rede ist, daß sie bzw. es auf, über oder in überdeckender Position gegenüber einer anderen Schicht, einem Muster oder einer Struktur gelegen ist, bedeutet dies, daß eine Zwischenschicht, ein Zwischenummuster oder eine Zwischenstruktur vorhanden oder nicht vorhanden sein kann.

[0032] Die Fig. 2A bis 2I sind perspektivische Ansichten, welche ein Verfahren zur Herstellung eines nicht flüchtigen Speichergerätes gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung zeigen.

[0033] Es sei auf Fig. 2A bezug genommen. Eine Siliziumoxidschicht oder eine Silizium-Oxinitridschicht läßt man auf einem Halbleitersubstrat 100 aufwachsen, welches ein Material, beispielsweise Silizium enthalten kann, um eine Gate-Oxidschicht (beispielsweise eine Tunnel-Oxidschicht) 101 einer Transistorzelle zu bilden. Eine natürlich gewachsene Oxidschicht wird auf dem Halbleitersubstrat 100 gebildet, wenn dessen Oberfläche einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre ausgesetzt wird und mit ihr reagiert. Demgemäß kann die natürlich gewachsene Oxidschicht auf dem Halbleitersubstrat 100 durch bekannte Verfahren erzeugt werden, die in den Zeichnungen nicht dargestellt und erläutert sind. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel läßt man die Gate-Oxidschicht 101 in einer Sauerstoffatmosphäre auf eine Dicke von etwa 10 bis 500 Å (1 bis 50 nm), vorzugsweise auf etwa 75 Å (7,5 nm) aufwachsen, falls es sich um ein Niederspannungs-Halbleitergerät handelt, oder bis zu einer Stärke von 300 Å (30 nm), falls es sich um ein Hochspannungs-Halbleitergerät handelt, jeweils ausschließlich der natürlich gewachsenen Oxidschicht.

[0034] Eine erste Siliziumschicht 103, die als schwimmendes Gate zu verwenden ist, wird auf der Gate-Oxidschicht 101 bis zu einer Dicke von etwa 200 bis 1500 Å (20 bis 150 nm), vorzugsweise bis zu einer Dicke von 500 Å (50 nm) mittels eines LPCVD-Verfahrens zum Aufwachsen

## DE 100 45 019 A 1

7

gebracht. Dann wird mittels eines typischen Dotierverfahrens die Schicht 103 mit einer N-Verunreinigung hoher Dichte dotiert, beispielsweise durch  $\text{POCl}_3$ -Diffusion, Ionenimplantation oder durch in-situ-Dotierung, und dergleichen. Vorzugsweise enthält die Siliziumschicht 103 polykristallines Silizium oder amorphes Silizium. Als nächstes wird die Siliziumschicht 103 einer Sauerstoffatmosphäre ausgesetzt, um eine natürlich gewachsene Oxidschicht (in den Zeichnungen nicht dargestellt) bis zu einer Dicke von etwa 30 bis 35 Å (3 bis 3,5 nm) auszubilden.

[0035] Eine Pufferschicht 105 wird dann auf der ersten Siliziumschicht 103 bis zu einer Dicke von etwa 10 bis 500 Å (1 bis 50 nm) gebildet, wobei es sich annähernd um dieselbe Dicke wie bei der Gate-Oxidschicht 101 (unter Ausschluss der Dicke der natürlich gewachsenen Oxidschicht) handelt. Die Pufferschicht 105 kann eine Oxidschicht sein, die durch thermische Oxidation oder durch plasmageforderte, chemische Dampfablagerung (PE-CVD) gebildet wird. Außerdem kann die Pufferschicht 105 durch teilweises Oxidieren eines Oberflächenanteils der Siliziumschicht 103 durch Plasmabehandlung mittels eines oxidierenden Gases, beispielsweise Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) oder Stickoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) gebildet werden. Die Erfindung zieht auch von einem Oxid verschiedene Puffermaterialien in Betracht, solange sie eine nicht ordnungsgemäße Bildung des Gates verhindern oder ein Ausgleichen oder ein Glätten der Ränder und/oder Seitenwände des ersten Segments oder anderer Segmente des Gates während der Grabenbildung erreichen. Wie oben ausgeführt, deformiert sich das schwimmende Gate oder nimmt eine unerwünschte positive Neigung an, wenn nicht das Puffermaterial vor der Grabenoxidation eingesetzt wird.

[0036] Eine Ätzstoppschicht 107 wird auf der Puffer-Oxidschicht 105 bis zu einer Dicke von etwa 100 bis 3000 Å (10 bis 300 nm), vorzugsweise 1500 Å (150 nm) mittels eines LPCVD-Verfahrens gebildet. Die Stoppschicht 107 dient als endpunktbestimmende Schicht während des nachfolgenden CMP-Verfahrens oder eines Rückätzverfahrens. Die Stoppschicht 107 überdeckt die Puffer-Oxidschicht 105 während eines nachfolgenden, thermischen Oxidationsprozesses des Grabens und hilft eine Ausbreitung des Sauerstoffs und Oxidationsmittels in die erste Siliziumschicht 103 über die Puffer-Oxidschicht 105 zu verhindern. Demgemäß ist die Stoppschicht 107 vorzugsweise aus einem Material gebildet, welches sauerstoffresistente Eigenschaften hat, beispielsweise aus Nitriden wie  $\text{SiN}$ ,  $\text{SiON}$  oder  $\text{BN}$ .

[0037] Die Stoppschicht 107 kann durch polykristallines Silizium gebildet sein. In diesem Fall wird die Stoppschicht 107 während des nachfolgenden Oxidationsprozesses teilweise oxidiert. Die Stoppschicht 107 kann aber auch als eine endpunktbestimmende Schicht während eines Rückätzens oder während eines CMP-Verfahrensschrittes verwendet werden.

[0038] Nach Wunsch kann auf der Stoppschicht 107 mittels eines CVD-Verfahrens eine Antireflexschicht gebildet werden, um einen nachfolgenden, photolithographischen Prozeß präzise ausrichten zu können. Eine solche Antireflexschicht kann aus Polysilizium, Siliziumoxid, beispielsweise Hochtemperaturoxid, und Mitteltemperaturoxid oder aus Siliziumoxynitrid ( $\text{SiON}$ ) gebildet sein. Die Antireflexschicht kann von einer einzigen Schicht gebildet werden oder eine Mehrzahl von Schichten enthalten.

[0039] Gemäß der vorliegenden Erfindung bildet eine Doppelschicht aus einer Hochtemperaturoxidschicht 140 (nachfolgend als "HTO" bezeichnet) und einer  $\text{SiON}$ -Schicht 150 die Antireflexschicht. Die HTO-Schicht 140 und die  $\text{SiON}$ -Schicht 150 lassen sich leicht mittels eines allgemein bekannten CVD-Verfahrens bilden und dienen als Antireflexschicht zum Verhindern von Lichtreflexion von

8

dem darunterliegenden Substrat während des photolithographischen Verfahrens, wodurch die Bildung des Photoresistmusters vereinfacht wird. Die HTO-Schicht 140 wird bis zu einer Dicke von etwa 200 bis 2000 Å (20 bis 200 nm), vorzugsweise 500 Å (50 nm) gebildet, und die  $\text{SiON}$ -Schicht 150 wird bis zu einer Dicke von etwa 200 bis 3000 Å (20 bis 300 nm), vorzugsweise 800 Å (80 nm) gebildet.

[0040] Es sei jetzt Fig. 2B betrachtet. Ein Photoresistmaterial wird über der  $\text{SiON}$ -Schicht 150 aufgebracht, um einen Photoresistfilm (nicht dargestellt) zu bilden, was durch ein Schleuderbeschichtungsverfahren geschieht. Danach wird der Photoresistfilm unter Verwendung einer Photomaske belichtet und dann entwickelt, um ein Photoresistmuster 160 zu erzeugen, das die Anordnung der schwimmenden Gates definiert.

[0041] Das Photoresistmuster 160 dient als eine Ätzmaske für das nachfolgende Ätzen der  $\text{SiON}$ -Schicht 150, der HTO-Schicht 140, der Stoppschicht 107 und der Puffer-Oxidschicht 105. Wie also in der Zeichnung gezeigt, entsteht ein Muster, das in einem Muster 161 der  $\text{SiON}$ -Schicht, einem Muster 151 der HTO-Schicht, einem Muster 108 der Stoppschicht und einem Muster 106 der Puffer-Oxidschicht besteht. Dann wird das Photoresistmuster 160 durch eine Veraschung oder ein Stripverfahren entfernt.

[0042] Es sei jetzt Fig. 2C betrachtet. Die resultierende Struktur wird in eine andere Ätzkammer verbracht, um ein Ätzverfahren an dem Polysilizium und dem Oxid durchzuführen. Hier wird ein Ätzgas zum Ätzen des Polysiliziums eingeführt, um die erste Siliziumschicht 103 zu ätzen, so daß ein Muster 104 der ersten Siliziumschicht entsteht. Das Muster 104 der ersten Siliziumschicht, das zu dieser Zeit gebildet wird, dient als das erste schwimmende Gate des nicht flüchtigen Speichergerätes.

[0043] Darauf folgend wird in derselben Ätzkammer die Gate-Oxidschicht 101 geätzt, um ein Muster 102 der Gate-Oxidschicht zu bilden, und das Substrat 100 wird bis zu einer Tiefe von annähernd 1000 bis 5000 Å (100 bis 500 nm), vorzugsweise 2700 Å (270 nm) geätzt, um einen Graben 109 zu erzeugen. Dies hat zur Folge, daß die schwimmenden Gates, die durch das Muster 104 der Siliziumschicht definiert sind, voneinander durch den Graben 109 getrennt sind.

[0044] Während des Ätzens des Musters 104 der Siliziumschicht und des oberen Teiles des Halbleitersubstrates 100 werden das Muster 151 der  $\text{SiON}$ -Schicht und das Muster 151 der  $\text{SiON}$ -Schicht und das Muster 141 der HTO-Schicht, welche auf dem Muster 108 der Stoppschicht gebildet waren, entfernt.

[0045] Durch Formen des Grabens 109 werden der aktive Bereich und das schwimmende Gate gleichzeitig unter Verwendung einer einzigen Maske definiert. Demgemäß ergibt sich eine Selbstausrichtung des schwimmenden Gate mit dem aktivem Bereich.

[0046] Unter Bezugnahme auf Fig. 2D ist festzustellen, daß der Innenflächenanteil des Grabens 109 in der oxidierenden Atmosphäre behandelt wird, um Beschädigungen zu beseitigen, die durch Ionenbeschuß hoher Energie während der Grabenätzung entstanden sind, und um Leckströme während des Betriebes des Gerätes zu verhindern. Dann wird eine Graben-Oxidschicht 110 längs der Innenfläche des Grabens 109, d. h. am Boden und an den Seitenwänden des Grabens bis zu einer Dicke von etwa 10 bis 500 Å (10 bis 50 nm), vorzugsweise 30 bis 40 Å (3 bis 4 nm) gebildet. Die Graben-Oxidschicht 110 kann durch einen Trocken-Oxidationsprozess in einer Atmosphäre aus Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) bei einer Temperatur von 800 bis 950°C oder durch einen Naß-Oxidationsprozeß bei einer Temperatur von mindestens 700°C erzeugt werden.

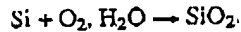
[0047] Wie in der Technik allgemein bekannt, läßt sich die

## DE 100 45 019 A 1

9

10

Reaktion zur Bildung der Oxidschicht folgendermaßen anschreiben:



[0048] Wie man aus der obigen Reaktion erkennt, wird eine Oxidschicht auf der Oberfläche des Musters 104 der Siliziumschicht und auf den Oberflächen des Grabens 109 zum Aufwachsen gebracht, da die Diffusion von Sauerstoff in die Schicht hinein, welche die Siliziumquelle bildet, eine Oxidation des Siliziums bewirkt.

[0049] Fig. 3 ist eine vergrößerte Schnittansicht des Bereiches B von Fig. 2D. Wenn die Graben-Oxidschicht 110 gebildet wird, so dringt, wie in Fig. 3 dargestellt, ein Oxidationsmittel (oder ein oxidierendes Gas) in die Seiten des Musters 102 der Gate-Oxidschicht am unteren Teil des Musters 104 der Siliziumschicht ein, um einen ersten vogelschnabelartigen Bereich "a" auszubilden. Gleichzeitig dringt das Oxidationsmittel in die Seiten des Musters 106 der Pufferoxidschicht am unteren Teil des Stoppschichtmusters 108 ein, um einen zweiten vogelschnabelartigen Bereich "b" am oberen Teil des Musters 104 der ersten Polysiliziumschicht auszubilden.

[0050] Gemäß einem herkömmlichen Verfahren, wie es in Fig. 1C dargestellt ist, wird der vogelschnabelartige Bereich nur an dem unteren Teil des Siliziummusters ausgebildet, das als das schwimmende Gate verwendet wird. Während das Oxid, welches am unteren Randbereich des schwimmenden Gates während seiner Oxidation aufschwillt, nimmt der untere Teil der Seitenwand des Gates eine positive Neigung an. Im Gegensatz hierzu werden bei der vorliegenden Erfindung ein erster vogelschnabelartiger Bereich "a" und ein zweiter vogelschnabelartiger Bereich "b" gleichzeitig am unteren und oberen Teil der Gateseitenwände erzeugt. Somit tritt keine Auswärtsbiegung am unteren Randbereich der Gateseitenwand auf. Mit anderen Worten, die gleichzeitige Bildung des zweiten vogelschnabelartigen Bereiches "b" am oberen Teil des Musters 104 der ersten Siliziumschicht verhindert die positive Neigung, die anderenfalls auftreten würde. Folglich hat gemäß einem wichtigen Merkmal der vorliegenden Erfindung das schwimmende Gate, das in dem Muster 104 der Siliziumschicht ausgebildet ist, das gewünschte Profil.

[0051] Nunmehr sei Fig. 2E betrachtet. Eine Oxidschicht 112 mit guten, zwischenraumfüllenden oder spaltfüllenden Eigenschaften, beispielsweise USG (undotiertes Silikatglas),  $\text{O}_2$ -TEOS (Tetraethyl-Orthosilikat)-USG oder eine HDP-Oxidschicht, wird durch einen CVD-Prozess bis zu einer Dicke von etwa 5000 Å (500 nm) abgelagert, um den Graben 109 aufzufüllen. Vorzugsweise wird eine Hochdichteplasma-(HDP)-Oxidschicht 112 abgelagert, wobei  $\text{SiH}_4$ ,  $\text{O}_2$ , Ar, oder He als gasförmige Plasmaquellen dienen.

[0052] Der Graben 109 wird unter Erhöhung der Spaltfüllkapazität der HDP-Oxidschicht 112 aufgefüllt, so daß keine Löcher oder Leerräume innerhalb des Grabens 109 entstehen.

[0053] Wenn die HDP-Oxidschicht 112 gebildet wird, werden die Ablagerungen der Oxidschicht und ein Sputterätzen der Oxidschicht gleichzeitig durchgeführt. Während daher seine Ablagerung mit konstanter Geschwindigkeit über einen weiten Bereich erfolgt, werden die Ablagerungsgeschwindigkeit und die Sputterätzgeschwindigkeit des Oxids nach Ablagerung bis zu einer vorbestimmten Dicke in einem engen Bereich identisch, so daß keine weitere Ablagerung des Oxids erfolgt. Wenn die Sputterätzkapazität erhöht wird, um die Spaltfüllungseigenschaften der HDP-Oxidschicht 112 zu verbessern, wird der Randbereich der nitridhaltigen Stoppschicht 108 erodiert, so daß die Feld-

Oxidschicht dazu veranlaßt wird, eine negative Neigung anzunehmen. Um dieses Problem zu vermeiden, kann man eine Maßnahme zur Beseitigung der negativen Neigung der Feld-Oxidschicht ergreifen, indem die Ablagerungsbedingung geändert werden oder indem bei der Bildung der Stoppschicht 108 ein nasses Ätzmittel eingesetzt wird.

[0054] Nachfolgend kann eine Überdeckungs-Oxidschicht (nicht gezeigt) die aus PE-TEOS (plasmaverstärktes TEOS) gebildet ist, auf der HDP-Oxidschicht 112 durch ein Plasmaverfahren abgelagert werden, bei welchem  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  als Quelle verwendet wird.

[0055] Nach Wunsch kann die HDP-Oxidschicht 112 durch Vergütung bei einer hohen Temperatur von etwa 800 bis 1050°C in einer Inertgasatmosphäre verdichtet werden, um die Naßätzrate mit Bezug auf einen nachfolgenden Säuberungsprozeß herabzusetzen.

[0056] Es sei jetzt Fig. 2F betrachtet. Die HDP-Oxidschicht 112 wird eingeebnet. Die Einebnung wird durch ein Rückätzverfahren oder ein CMP-Verfahren durchgeführt, bis die obere Fläche des Stoppschichtmusters 108 freiliegt. Die HDP-Oxidschicht 112 auf der Stoppschicht wird also teilweise entfernt, um hierdurch Feld-Oxidschichttrennungen in den Gräben 109 zu erzeugen.

[0057] Betrachtet man Fig. 2G, so erkennt man, daß das Stoppschichtmuster 108, das Siliziumnitrid enthält, durch ein Stripverfahren unter Verwendung von Phosphorsäure entfernt ist. Zu dieser Zeit verhindert das Puffer-Oxidschichtmuster 106 eine Beschädigung an dem darunterliegenden Siliziumschichtmuster 104, das das auf dem Silizium gebildete, erste, schwimmende Gate darstellt, während des Verfahrens zur Entfernung des Siliziumnitrid durch das Stripverfahren.

[0058] Danach wird ein Vorreinigungsschritt durchgeführt, um das Substrat zu reinigen, was während etwa 30 Sekunden unter Verwendung eines Ätzmittels geschieht, das Flußsäure enthält. Die Feld-Oxidschicht 124 wird durch Strippen des Stoppschichtmusters 108 und durch den Vorreinigungs-Verfahrensschritt teilweise entfernt, und das Puffer-Oxidschichtmuster 106, das auf dem Siliziumschichtmuster 104 gebildet ist, wird auch entfernt. Zu dieser Zeit ist die Dicke der Feldoxidschicht 124 von annähernd über 250 Å (25 nm) reduziert.

[0059] Jetzt sei auf Fig. 2H Bezug genommen. Eine zweite Siliziumschicht (nicht dargestellt), beispielsweise eine Polysiliziumschicht oder eine Schicht aus amorphem Silizium, wird durch bekannte Verfahren, beispielsweise durch chemische Dampfablagerung (CVD) auf dem freiliegenden Muster 104 der ersten Siliziumschicht und der freiliegenden Feld-Oxidschicht 124 (Fig. 2G) durch ein LPCVD-Verfahren bis zu einer Dicke von etwa 2000 Å (200 nm) abgelagert. Dotierungsmittel oder andere Ladungsträger werden im allgemeinen während der Bildung des Musters 104 der leitfähigen Siliziumschicht eingeführt. Die zweite Siliziumschicht, welche in dieser Weise abgelagert wird, befindet sich in elektrischem Kontakt mit dem Muster 104 der ersten Siliziumschicht, welche das erste schwimmende Gate darstellt. Daraufauf folgt ein zweites schwimmendes Gate 126 mit N-Verunreinigungen hoher Dichte durch ein typisches Dotierungsverfahren, beispielsweise durch  $\text{POCl}_3$ -Diffusion, durch Ionenimplantation oder durch in-situ-Dotierung dotiert, wodurch eine zweite leitfähige Schicht entsteht.

[0060] Außerdem kann ohne die Durchführung eines gesonderten Dotierungsverfahrens die zweite leitfähige Schicht in der Weise gebildet werden, daß mit Verunreinigungen dotiertes, polykristallines Silizium abgelagert wird, indem das CVD-Verfahren durchgeführt wird, während eine Verunreinigung dem Quellgas beigegeben wird, wenn

## DE 100 45 019 A 1

11

12

man die zweite Siliziumschicht bildet. Das zweite schwimmende Gate, das durch die zweite leitfähige Schicht gebildet ist, wird vorgesehen, um die Fläche einer dielektrischen Zwischenschicht zu vergrößern, die in einem nachfolgenden Verfahrensschritt erzeugt wird und die vorzugsweise so dick wie möglich ausgebildet werden soll.

[0061] Danach wird die zweite leitfähige Schicht auf der Feld-Oxidschicht 124 durch ein herkömmliches photolithographisches Verfahren teilweise entfernt, um ein Muster 126 einer zweiten Siliziumschicht auszubilden, welches den zweiten Teil des schwimmenden Gate bildet. Dann werden die in dieser Weise erzeugten zweiten, schwimmenden Gates von denjenigen benachbarter Zellen getrennt.

[0062] Darauf wird eine dielektrische Zwischenschicht 128 aus ONO auf der gesamten Oberfläche der resultierenden Struktur gebildet, um die zweiten Siliziummuster 126, welche die zweiten schwimmenden Gates bilden, vollständig zu isolieren. Beispielsweise wird nach Oxidieren der zweiten schwimmenden Gates 126 zum Aufwachsenlassen einer ersten Oxidschicht bis zu einer Dicke von etwa 100 Å (10 nm) eine Nitridschicht darauf bis zu einer Dicke von etwa 130 Å (13 nm) abgelagert und eine zweite Oxidschicht wird auf der Nitridschicht bis zu einer Dicke von etwa 40 Å (4 nm) abgelagert, so daß eine dielektrische Zwischenschicht 128 von einer Gesamtdicke von etwa 100 bis 200 Å (10 bis 20 nm) entsteht.

[0063] Dann wird auf der dielektrischen Zwischenschicht 128 eine Steuergateschicht 130 gebildet, welche eine dritte leitfähige Schicht bildet, welche durch Übereinanderstapeln einer N<sup>+</sup>-dotierten Polysiliziumschicht und einer Metall-Silizidschicht, beispielsweise Wolframsilizid (WSi<sub>2</sub>), Titansilizid (TiSi<sub>2</sub>), Kobaltsilizid (CoSi<sub>2</sub>) und Tantalasilizid (TaSi<sub>2</sub>) erzeugt wird. Vorzugsweise wird die Polysiliziumschicht, welche die Steuergateschicht 130 bildet, bis zu einer Dicke von etwa 1000 Å (100 nm) abgelagert, und die Metallsilizidschicht wird bis zu einer Dicke von etwa 100 bis 1500 Å (10 bis 150 nm) gebildet.

[0064] Nun sei auf Fig. 21 Bezug genommen. Nach Musterbildung an der Steuergateschicht 130 durch ein photolithographisches Verfahren erfolgt nacheinander eine Musterbildung an der freiliegenden, dielektrischen Zwischenschicht 128, dem zweiten Segment 126 des schwimmenden Gate, sowie dem ersten Segment 104 des schwimmenden Gate in jeder Zelleneinheit durch ein Trockenätzverfahren, wodurch die Speicherzelle mit gestapeltem, schwimmendem Gate erzeugt wird. Zu dieser Zeit erfolgt das Trockenätzen in bestimmten Bereichen, bis die Oberfläche des Substrates 100 zwischen den Feld-Oxidschichten 124 freiliegt.

[0065] Da die Seitenwand des Musters 104 der ersten Siliziumschicht, welche jeweils das erste schwimmende Gate ausbildet, keine positive Neigung hat, wird der Seitenwandbereich des Musters 104 der ersten Siliziumschicht nicht deformiert und hat keinen nach außen gebogenen Bereich. Folglich wird dieser Bereich des Musters 104 der ersten Siliziumschicht, der von dem Maskenmuster freigelassen ist, während des oben beschriebenen Trockenätzverfahrens vollständig entfernt. Es verbleiben daher keine Siliziumreste an der Oberflächengrenze zwischen der Feld-Oxidschicht 124 und dem aktiven Bereich. Danach werden, wenn gleich dies in der Zeichnung auch nicht gezeigt ist, die Source-/Drain-Bereiche der Speicherzelle durch Ionenimplantation gebildet, und die Isolationszwischenschicht ILD wird darauf auf der resultierenden Struktur abgelagert. Nach Bildung einer Kontaktöffnung zur Freilegung der Source-/Drain-Bereiche durch Ätzen der Isolationszwischenschicht wird ein Kontaktstopfen zur Auffüllung der Kontaktöffnung hergestellt. Dann wird eine Metallisierungsschicht in elektrischem Kontakt mit dem Kontaktstopfen abgelagert, und ein

Rück-Endprozeß wird durchgeführt, wobei die isolierende Zwischenschicht IMD verwendet wird, was über eine Metallmaske geschieht.

[0066] Die Verfahren, wie sie in den Fig. 2B und 2C für die erste Ausführungsform erläutert sind, werden jeweils in gesonderten Ätzkammern durchgeführt, was jedoch auch in einer einzigen Ätzkammer nacheinander geschehen kann, wodurch sich eine zweite Ausführungsform ergibt. Diese zweite Ausführungsform stimmt mit der ersten Ausführungsform überein, jedoch mit der Ausnahme, daß keine Antireflexschicht gebildet wird und das Substratätzverfahren in einer einzigen Ätzkammer durchgeführt wird, wobei man eine Photoresistmaske als Ätzmaske einsetzt. Vorliegend werden die selben Bezugswerte wie bei der ersten Ausführungsform zur Bezeichnung gleicher Teile verwendet.

[0067] Die Fig. 4A und 4B sind Schnittansichten zur Erläuterung eines Verfahrens zur Herstellung eines nicht flüchtigen Speichergerätes gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Man betrachte zunächst Fig. 4A. In derselben Weise wie bei der ersten Ausführungsform werden eine Gate-Oxidschicht 101, eine erste Siliziumschicht 103, eine Puffer-Oxidschicht 105 und eine Stoppschicht 107 nacheinander auf dem Substrat 100 erzeugt.

[0068] Nun sei auf Fig. 4B Bezug genommen. Unter Verwendung einer Photoresistmaske zur Bestimmung und Umgrenzung eines schwimmenden Gates wird ein Photoresistmuster 160 in Entsprechung mit der ersten Ausführungsform nun auf der Stoppschicht 107 gebildet. Dann werden die Stoppschicht 107, die Puffer-Oxidschicht 105, die erste Siliziumschicht 103 und die Gate-Oxidschicht 101 unter Verwendung des Photoresistmusters 160 als Ätzmaske mit einem Muster versehen, so daß durch das Muster 108 der Stoppschicht, das Muster 106 der Puffer-Oxidschicht, das Muster 104 der ersten Siliziumschicht und das Muster 102 der Gate-Oxidschicht eine Musterstruktur entsteht.

[0069] Als nächstes wird das Substrat 100 geätzt, so daß ein Graben 109 gebildet wird, und durch ein Veraschungsverfahren oder ein Stripverfahren wird das Photoresistmuster 160 entfernt.

[0070] Hiernach werden die Verfahrensschritte, die anhand der Fig. 2C bis 2I der ersten Ausführungsform erläutert wurden, durchgeführt, so daß man ein nicht flüchtiges Speichergerät mit schwimmendem Gate gemäß der zweiten Ausführungsform erhält.

[0071] In Entsprechung mit der oben beschriebenen Erfindung wird eine Puffer-Oxidschicht zusätzlich zwischen einem ersten Segment einer Schicht für ein schwimmendes Gate und einer Stoppschicht gebildet, um einen vogelschnabelartigen Bereich am oberen Teil des schwimmenden Gate zu erzeugen. Während der nachfolgenden Oxidation der Seitenwand des Grabens gleichen die vogelschnabelartigen Bereiche am oberen und unteren Teil des ersten Segmentes des schwimmenden Gates Seitenwandteile des schwimmenden Gates aus oder bewirken eine Glättung. Somit wird eine unerwünschte Neigung der Seitenwände der Schicht für das schwimmende Gate verhindert, und man erhält ein nicht flüchtiges Speichergerät mit einem Gate, das ein gewünschtes Profil aufweist.

[0072] Zusätzlich bleiben keine Siliziumreste nach dem Ätzen zur Bildung des Gates zurück. Das Fehlen dieser Reste hilft elektrische Fehler des Gerätes zu vermeiden, die durch Kurzschlüsse zwischen benachbarten Gates entstehen könnten.

[0073] Es ist außerdem offenbar, daß zusätzlich zur gleichförmigen Bildung einer Schicht für ein schwimmendes Gate die Erfindung Anwendung bei der Bildung anderer leitfähiger Schichten innerhalb eines Halbleitergerätes fin-

## DE 100 45 019 A 1

13

den kann, wo Gleichförmigkeit erwünscht ist. Mit anderen Worten, die Erfindung kann immer dann angewendet werden, wenn es notwendig ist, den oben beschriebenen, nachteiligen Vogelschnabeleffekt zu vermeiden.

[0074] Während die vorliegende Erfindung vornehmlich unter Bezugnahme auf Ausführungsbeispiele im einzelnen beschrieben und gezeigt wurde, versteht es sich für den Fachmann, daß vielerlei Abwandlungen in Form und Detail durchgeführt werden können, ohne daß der Grundgedanke der Erfindung verlassen wird, wie er in den anliegenden Ansprüchen definiert ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur geglätteten Erzeugung von Oxid an den Seitenwänden eines ersten Steuergatesegementes bei der selbstausrichtenden Herstellung einer leitfähigen Schicht und eines aktiven Bereiches derselben im Substrat eines Halbleitergerätes in einem Bereich, der zumindest teilweise von einem Feldoxidbereich in einem Graben des Substrates begrenzt ist, zusammen mit der Herstellung mindestens des ersten Steuergatesegementes über einem ersten dielektrischen Material und dem Substrat, mit folgenden Verfahrensschritten:  
Bilden einer Pufferschicht über dem ersten Steuergatesegment vor der Bildung des Grabens und nachfolgendes Entfernen der Pufferschicht zum Erzielen einer gleichmäßigeren Oxidation der Seitenwände des ersten Segmentes vor dem Ablagem mindestens eines weiteren Segmentes über dem ersten Steuergatesegment.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Segment mindestens ein Material aus der Gruppe von Polysilizium und amorphem Silizium enthält.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Pufferschicht von einem durch thermische Oxidation gebildeten Oxid gebildet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Pufferschicht durch plasmaverstärkte, chemische Dampfablagerung gebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Pufferschicht durch Oxidation einer Oberfläche des ersten Steuergatesegementes vermittels Plasmabehandlung mit einem oxidierenden Gas gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei welchem das oxidierende Gas ein Gas aus der Gruppe von Sauerstoff und Stickoxid enthält.
7. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die Pufferschicht bis zu einer Dicke von 10 bis 500 Å (1 bis 50 nm) gebildet wird.
8. Verfahren bei der selbstausrichtenden Herstellung eines schwimmenden Gates und eines zugehörigen, aktiven Bereiches in einem Substrat eines Halbleiter-Speichergerätes mit folgenden Verfahrensschritten:  
Bilden einer Gateoxidschicht auf dem Substrat;  
Bilden einer ersten leitfähigen Schicht auf der Gateoxidschicht;  
Bilden einer Puffer-Oxidschicht auf der ersten leitfähigen Schicht;  
Bilden einer Stoppschicht auf der Puffer-Oxidschicht;  
Mustererzeugung der Stoppschicht und der Puffer-Oxidschicht zur Bildung eines Musters der Stoppschicht und eines Musters der Puffer-Oxidschicht;  
Mustererzeugung an der ersten leitfähigen Schicht zur Bildung der Schicht eines schwimmenden Gates als Muster einer ersten leitfähigen Schicht, sowie Ätzen der Gate-Oxidschicht und des oberen Teils des

14

Substrates zur Erzeugung eines Musters der Gate-Oxidschicht und eines Grabens;  
Oxidieren eines inneren Flächenteiles des Grabens zur Bildung einer Graben-Oxidschicht an der Innenfläche des Grabens und

Bilden eines vogelschnabelartigen Bereiches am oberen Teil und am unteren Teil der Schicht des schwimmenden Gates zum Verhindern der Bildung einer positiven Profilneigung an den Seitenwänden der mit Muster versehenen Schicht des schwimmenden Gates, und Bilden einer Feld-Oxidschicht zum Auffüllen des Grabens.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht ein Material aus der Gruppe von Polysilizium und amorphem Silizium enthält.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Stoppschicht eine Nitridkomponente enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Puffer-Oxidschicht durch thermische Oxidation gebildet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Puffer-Oxidschicht durch plasmaverstärkte, chemische Dampfablagerung gebildet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Puffer-Oxidschicht durch Oxidieren der Oberfläche der ersten leitfähigen Schicht durch Plasmabehandlung mit einem oxidierenden Gas gebildet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das oxidierende Gas mindestens ein Gas aus der Gruppe von Sauerstoff ( $O_2$ ) und Stickoxid ( $N_2O$ ) enthält.

15. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Puffer-Oxidschicht bis zu einer Dicke von 10 bis 500 Å (1 bis 50 nm) gebildet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Feld-Oxidschicht durch Bildung einer Oxidschicht gebildet wird, welche die Oxidationsstoppschicht beim Auffüllen des Grabens überdeckt, und daß die Oxidschicht geätzt wird, um eine glatte Oberfläche durch ein chemisch-mechanisches Polierverfahren und/oder ein Rückätzverfahren zu erhalten, bis die Oberfläche des Musters der Stoppschicht freigelegt ist.

17. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß weiter auf der Stoppschicht durch chemische Dampfablagerung eine Antireflexionsschicht abgelagert wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Antireflexionsschicht aus mindestens einem Material der Gruppe besteht, welche von Polysilizium, Siliziumnitrid, Siliziumoxynitrid und Siliziumoxid gebildet ist.

19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß in einer ersten Ätzkammer nach Bildung eines Photoresistmusters zur Erzeugung des schwimmenden Gates auf der Antireflexionsschicht diese Antireflexionsschicht, die Stoppschicht und die Puffer-Oxidschicht unter Verwendung des Photoresistmusters als Ätzmaske mit Muster versehen werden und das Photoresistmuster dann entfernt wird und daß danach in einer zweiten Ätzkammer das Muster der ersten leitfähigen Schicht, das Muster der Gate-Oxidschicht und der Graben gebildet werden, während das Muster der Antireflexionsschicht entfernt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß nach Bilden des Photoresistmusters auf

## DE 100 45 019 A 1

15

der Stoppschicht zur Bildung des schwimmenden Gates die Ätzprozesse nacheinander in einer einzigen Kammer unter Verwendung des Photoresistmusters als Ätzmaske durchgeführt werden, um die Stoppschicht, die Puffer-Oxidschicht, die erste leitfähige Schicht und die Gate-Oxidschicht mit Muster zu versehen, und daß der Oberteil des Substrates geätzt wird, um das Muster der Stoppschicht, das Muster der Puffer-Oxidschicht, das Muster der ersten leitfähigen Schicht, das Muster der Gate-Oxidschicht und den Graben auszubilden.

21. Verfahren zur Herstellung einer Struktur mit schwimmendem Gate eines nicht flüchtigen Speichergerätes mit folgenden Verfahrensschritten:  
Bilden einer Gate-Oxidschicht auf einem Halbleiter-substrat;  
Bilden einer ersten leitfähigen Schicht auf der Gate-Oxidschicht;  
Bilden einer Pufferschicht auf der ersten leitfähigen Schicht;  
Bilden einer Stoppschicht auf der Pufferschicht;  
Mustererzeugung der Stoppschicht, der Puffer-Oxidschicht, der ersten leitfähigen Schicht, der Gate-Oxidschicht und des Substrates unter Verwendung einer einzigen Maske zur Erzeugung eines schwimmenden Gate aus der ersten leitfähigen Schicht und gleichzeitige Bildung eines mit dem schwimmenden Gate ausgerichteten Grabens in dem Substrat neben dem schwimmenden Gate zur Bestimmung eines aktiven Bereiches des Substrates;  
Oxidieren eines Innenflächenbereiches des Grabens zur Bildung einer Graben-Oxidschicht in dem Innenflächenbereich des Grabens und  
Ausbildung von vogelschnabelartigen Bereichen am oberen und unteren Teil der Schicht des schwimmenden Gates zum Verhindern der Bildung einer positiven Profilneigung an der Seitenwand der mit Muster versehenen Schicht des schwimmenden Gates, und  
Bilden einer Feld-Oxidschicht zur Auffüllung des Grabens.

22. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die erste leitfähige Schicht mindestens eines der Materialien aus der Gruppe von Polysilizium und amorphem Silizium enthält.

23. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Stoppschicht eine Nitridkomponente enthält.

24. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Stoppschicht ein durch thermische Oxidation gebildetes Oxid enthält.

25. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferschicht durch plasmaverstärkte, chemische Dampfablagerung gebildet ist.

26. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferschicht ein Oxid ist, das durch Oxidation der Oberfläche der ersten leitfähigen Schicht mittels Plasmabehandlung der Oberfläche mit einem oxidierenden Gas gebildet ist.

27. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß das oxidierende Gas Sauerstoff ( $O_2$ ) und/oder Stickoxid ( $N_2O$ ) enthält.

28. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Puffer-Oxidschicht bis zu einer Dicke von 10 bis 500 Å

16

(1 bis 50 nm) gebildet wird.

29. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß es weiter

den Schritt des Planmachens der Feld-Oxidschicht mit der Oberfläche einer oxidationsverhindernden Schicht sowie

des Entfernens der mit Muster versehenen Stoppschicht und

nachfolgendes Bilden einer dielektrischen Zwischenschicht und eines Steuergates auf dem schwimmenden Gate nach Bildung der genannten Feld-Oxidschicht umfaßt.

30. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch den Verfahrensschritt einer Bildung einer Antireflexionsschicht auf der Stoppschicht durch chemische Dampfablagerung.

31. Verfahren zur Herstellung eines Speichergerätes nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Antireflexionsschicht mindestens ein Material aus der Materialgruppe enthält, die aus Polysilizium, Siliziumoxynitrid und Siliziumoxid besteht.

32. Halbleiter-Speichergerät mit schwimmendem Gate, welches ein Substrat, eine Isolationsschicht und auf dieser das schwimmende Gate aufweist, wobei das schwimmende Gate mindestens teilweise durch einen Feld-Oxidbereich begrenzt ist, der in einem Graben des Substrates zusammen mit der Bildung des schwimmenden Gates gebildet ist und wobei vor der Bildung des Grabens eine Pufferschicht über einem ersten Segment des schwimmenden Gate erzeugt ist und nach Bildung des ersten Segmentes die Pufferschicht entfernt ist, um die Bildung mindestens eines zweiten Segmentes des schwimmenden Gates zuzulassen, so daß eine gleichmäßigere Oxidation des oberen und unteren Teils von Seitenwänden des ersten Segmentes vor dem Ablagern des zweiten Segmentes über dem ersten Segment des schwimmenden Gates erzielt ist.

33. Halbleiter-Speichergerät mit schwimmenden Gate nach Anspruch 32, bei welchem das erste Segment des schwimmenden Gates Polysilizium und/oder amorphes Silizium enthält.

34. Halbleiter-Speichergerät mit schwimmendem Gate nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferschicht ein durch thermische Oxidation gebildetes Oxid ist.

35. Halbleiter-Speichergerät mit schwimmendem Gate nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferschicht durch plasmaverstärkte, chemische Dampfablagerung gebildet ist.

36. Halbleiter-Speichergerät mit schwimmendem Gate nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferschicht durch Oxidation einer Oberfläche des ersten Segmentes des schwimmenden Gates durch die Plasmabehandlung mit einem oxidierenden Gas gebildet ist.

37. Halbleiter-Speichergerät mit schwimmendem Gate nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß das oxidierende Gas Sauerstoff und/oder Stickoxid enthält.

38. Halbleiter-Speichergerät mit schwimmendem Gate nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Pufferschicht bis zu einer Dicke von 10 bis 500 Å (1 bis 50 nm) gebildet ist.

39. Selbstausgerichtetes, schwimmendes Gate und zugehöriger, aktiver Bereich eines Halbleiter-Speichergerätes, welche folgendes enthalten:  
ein Halbleitersubstrat;

## DE 100 45 019 A 1

17

18

eine Gate-Oxidschicht, die auf dem Halbleitersubstrat  
 gebildet ist;  
 eine erste leitfähige Schicht, welche auf der Gate-  
 Oxidschicht gebildet ist und welche ein erstes Segment  
 eines schwimmenden Gates bildet; 5  
 wobei die erste leitfähige Schicht in der Weise gebildet  
 wird,  
 daß eine Pufferschicht auf der ersten leitfähigen  
 Schicht angeordnet wird,  
 eine Stoppschicht auf der Pufferschicht gebildet wird, 10  
 die Stoppschicht und die Pufferschicht mit einem Mu-  
 ster versehen werden, so daß man ein Muster der  
 Stoppschicht und ein Muster der Pufferschicht erhält,  
 daß weiter die erste leitfähige Schicht mit Muster ver-  
 sehen wird, um das erste Segment der Schicht des 15  
 schwimmenden Gates zu bilden, und  
 daß die Gate-Oxidschicht und der obere Teil des Sub-  
 strates geätzt werden, um ein Muster der Gate-Oxid-  
 schicht und einen Graben ausbilden,  
 daß eine Innenfläche des Grabens oxidiert wird, um 20  
 eine Graben-Oxidschicht im Innenflächenbereich des  
 genannten Grabens zu bilden, die am oberen und unter-  
 en Teil des ersten Segments der Schicht des schwim-  
 menden Gates vogelschnabelartige Bereiche ausbildet,  
 so daß die Seitenwände des ersten Segments des 25  
 schwimmenden Gates während der Bildung der Gra-  
 ben-Oxidschicht geglättet werden;  
 ein Feld-Oxid, das nach der Oxidierung der Innenflä-  
 chen des Grabens in dem Graben gebildet wird; und  
 ein zweites Segment des schwimmenden Gates, das in 30  
 elektrischem Kontakt mit dem ersten Segment gebildet  
 wird, nachdem das Feld-Oxid planiert worden ist, bis  
 das erste Segment freigelegt ist.  
 40. Selbstausgerichtetes, schwimmendes Gate und zu-  
 gehöriger, aktiver Bereich nach Anspruch 39, dadurch 35  
 gekennzeichnet, daß das erste Segment des schwim-  
 menden Gates Polysilizium und/oder amorphes Sili-  
 zium enthält.  
 41. Selbstausgerichtetes, schwimmendes Gate und zu-  
 gehöriger, aktiver Bereich nach Anspruch 39, dadurch 40  
 gekennzeichnet, daß die Pufferschicht ein durch ther-  
 mische Oxidation gebildetes Oxid ist.  
 42. Selbstausgerichtetes, schwimmendes Gate und zu-  
 gehöriger, aktiver Bereich nach Anspruch 39, dadurch 45  
 gekennzeichnet, daß die Pufferschicht durch plasma-  
 verstärkte, chemische Dampfablagerung gebildet ist.  
 43. Selbstausgerichtetes, schwimmendes Gate und zu-  
 gehöriger, aktiver Bereich nach Anspruch 39, dadurch  
 gekennzeichnet, daß die Pufferschicht durch Oxidation 50  
 einer Oberfläche des ersten Segments des schwimmen-  
 den Gates durch Plasmabehandlung mit einem oxidie-  
 renden Gas gebildet ist.  
 44. Selbstausgerichtetes, schwimmendes Gate und zu-  
 gehöriger, aktiver Bereich nach Anspruch 43, dadurch  
 gekennzeichnet, daß das oxidierende Gas Sauerstoff 55  
 und/oder Stickoxid enthält.  
 45. Selbstausgerichtetes, schwimmendes Gate und zu-  
 gehöriger, aktiver Bereich nach Anspruch 39, dadurch  
 gekennzeichnet, daß die Pufferschicht bis zu einer  
 Dicke von 10 bis 500 Å (1 bis 50 nm) gebildet ist. 60

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1A (St.d.T.)

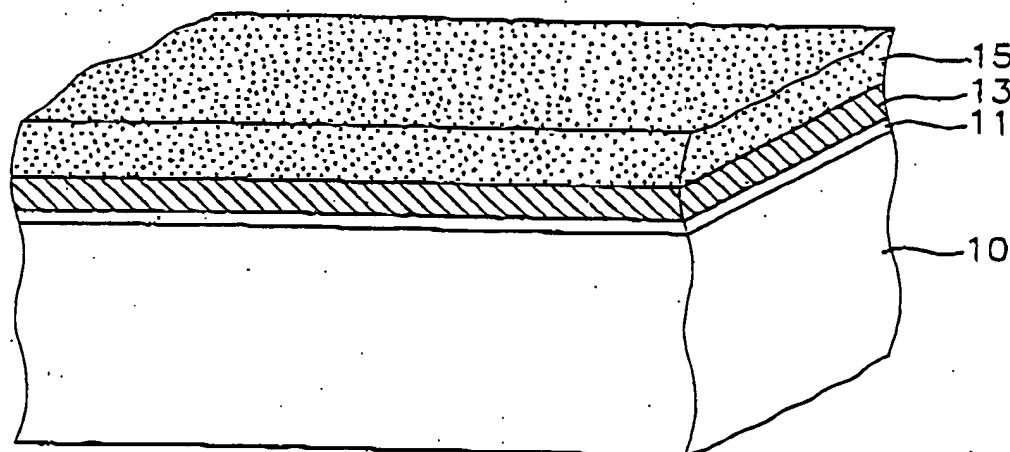


FIG. 1B (St.d.T.)

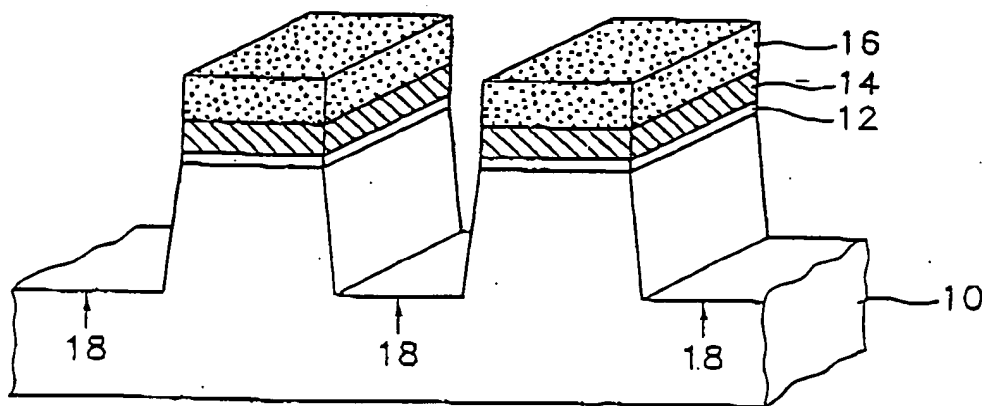


FIG. 1C (St. d. T.)

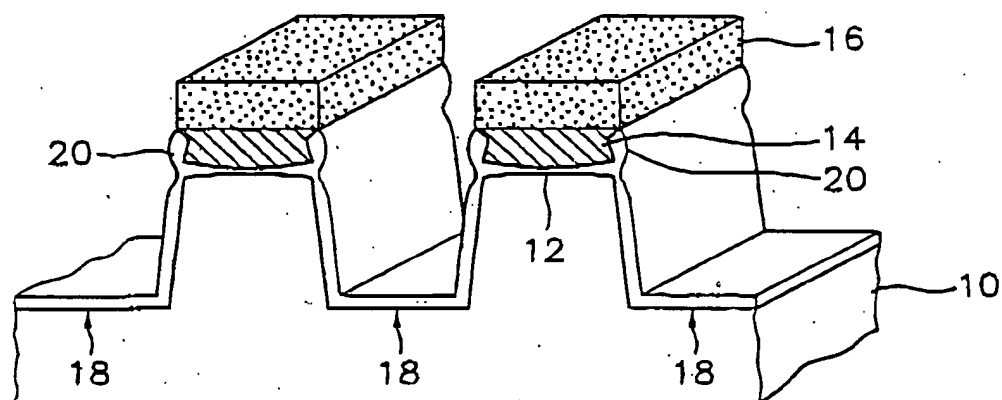


FIG. 1D (St. d. T.)

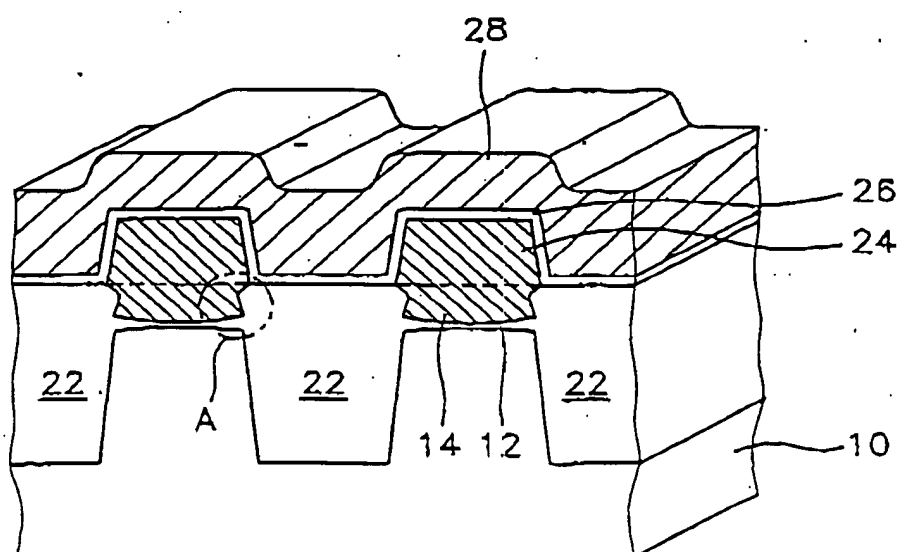


FIG. 1E (St.d.T.)

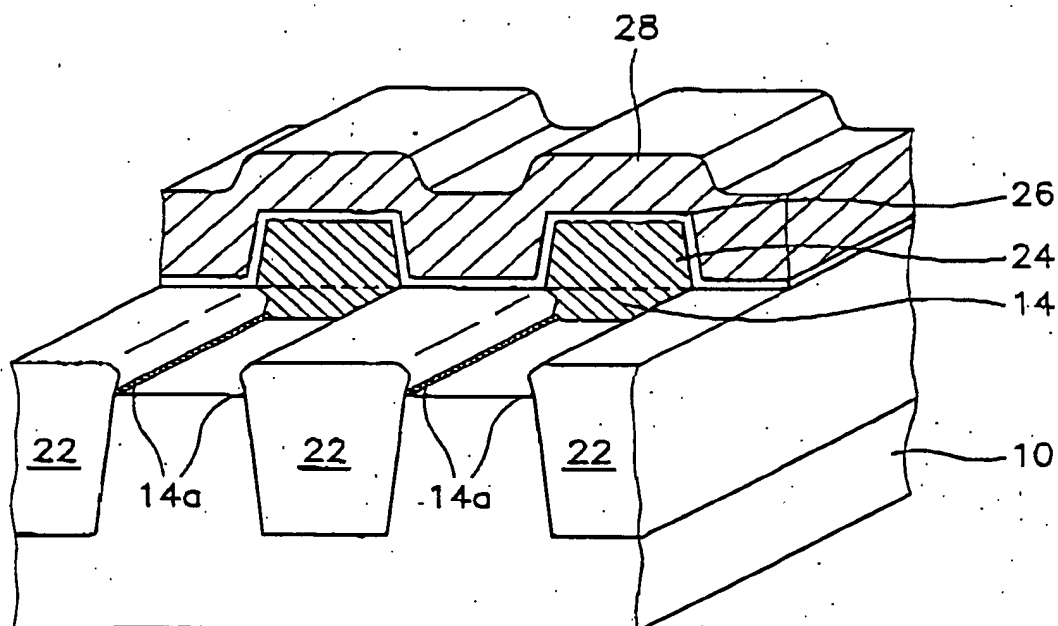


FIG. 2A

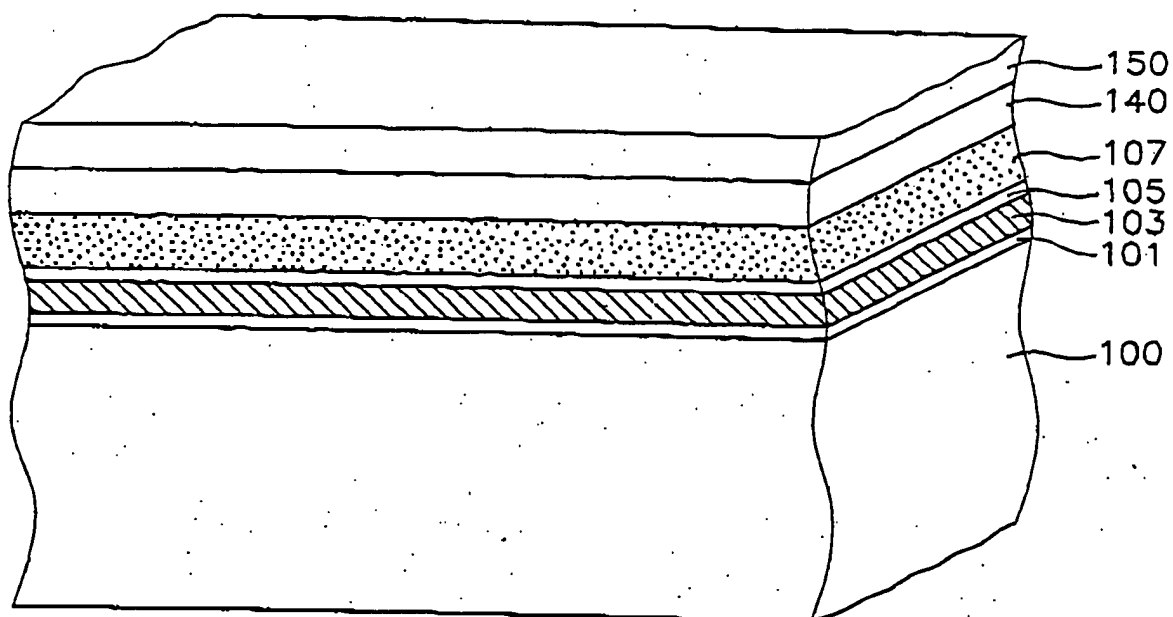


FIG. 2B

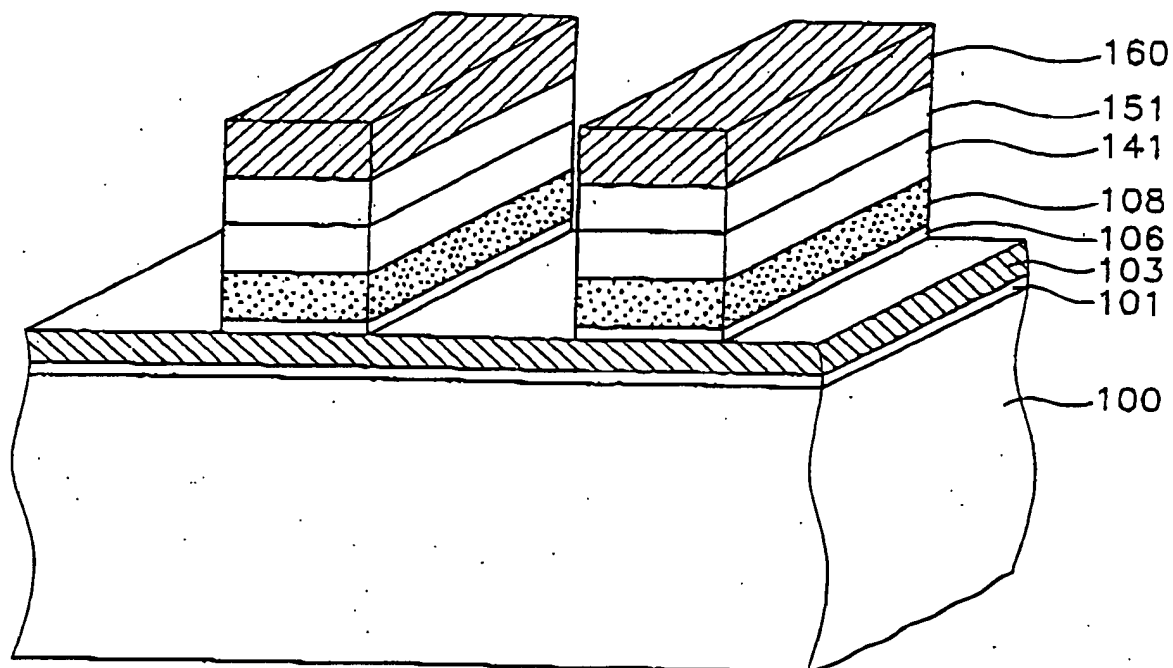


FIG. 2C

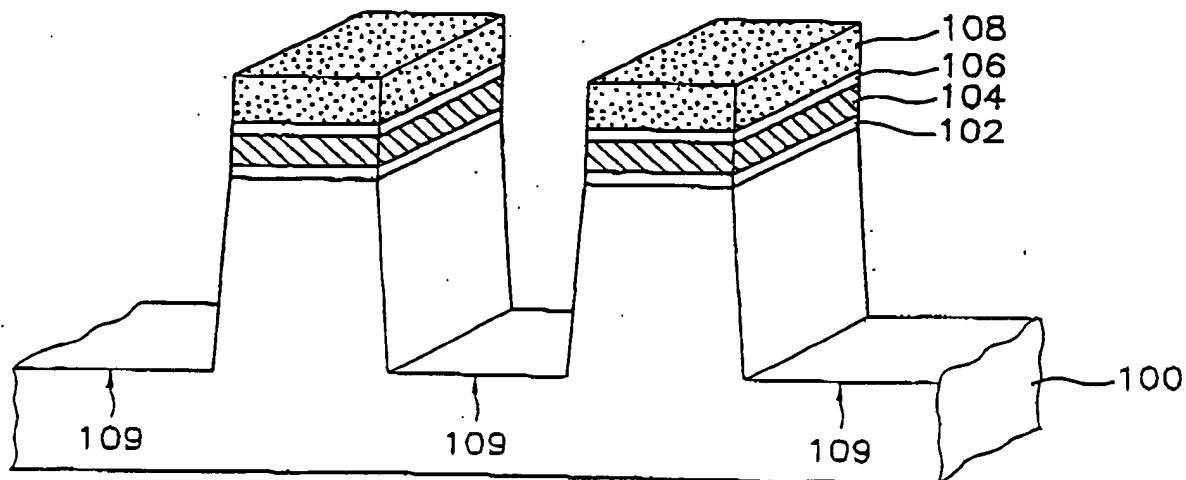


FIG. 2D

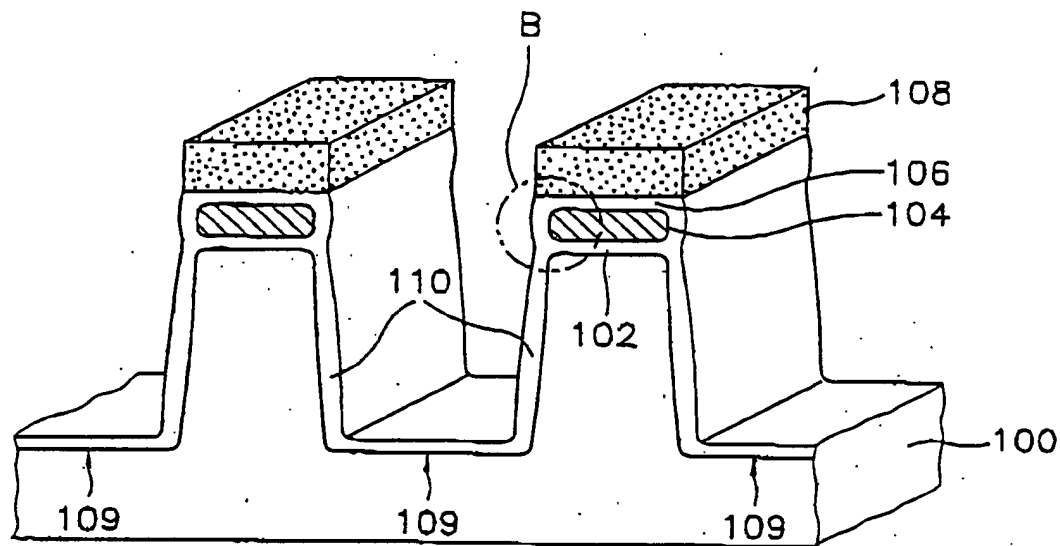


FIG. 2E

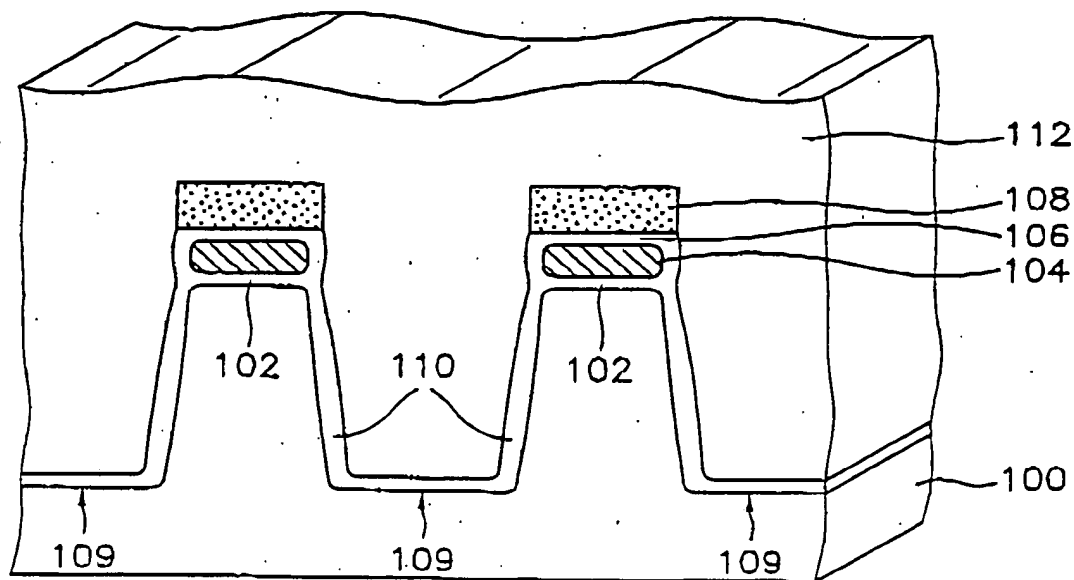


FIG. 2F

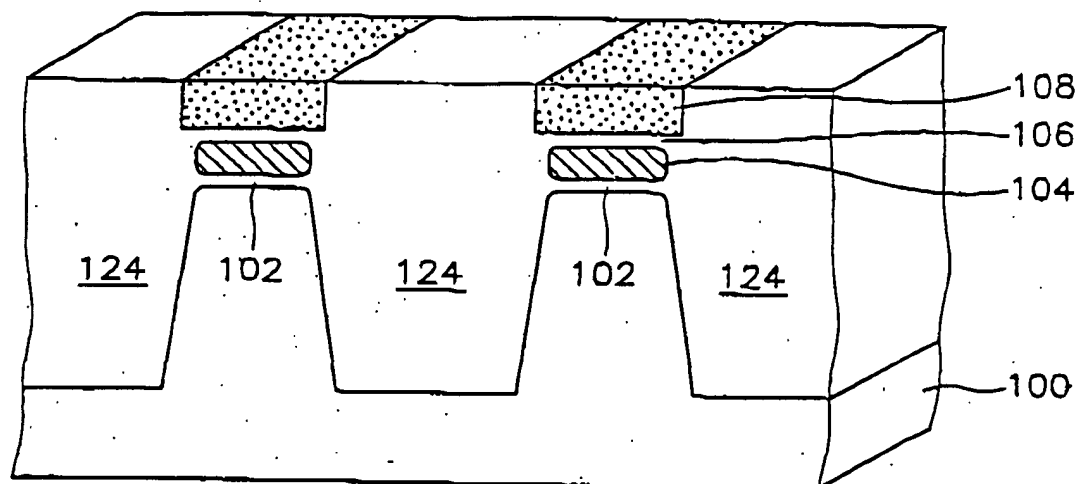


FIG. 2G

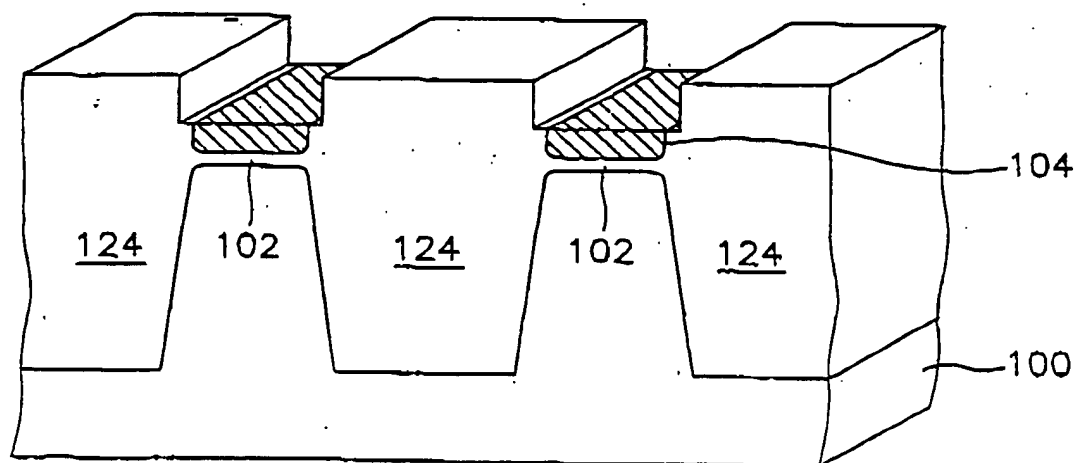


FIG. 2H

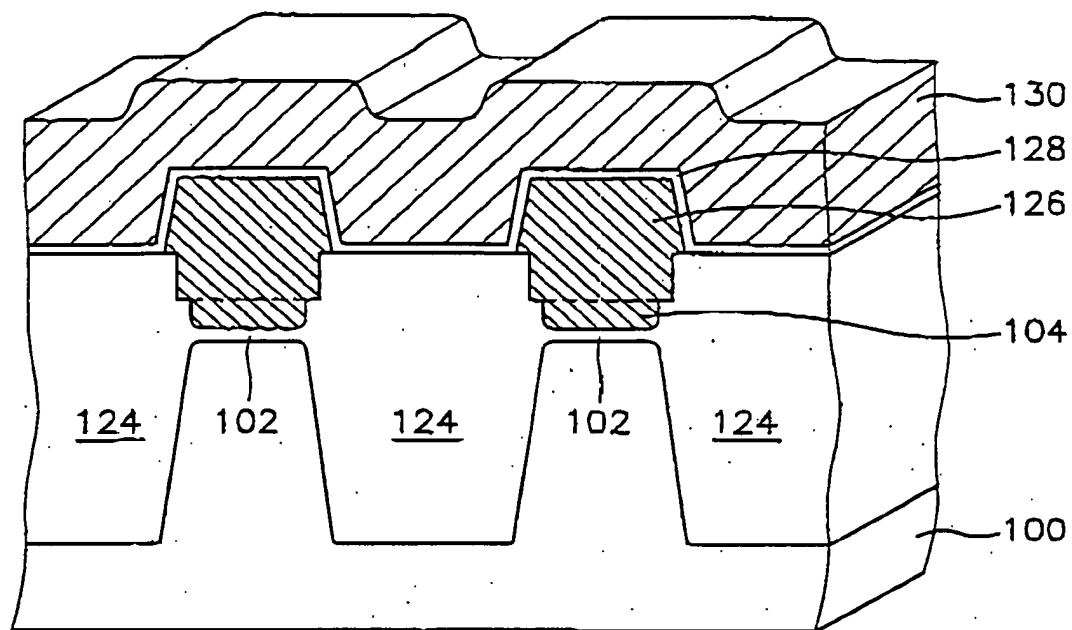




FIG. 4A

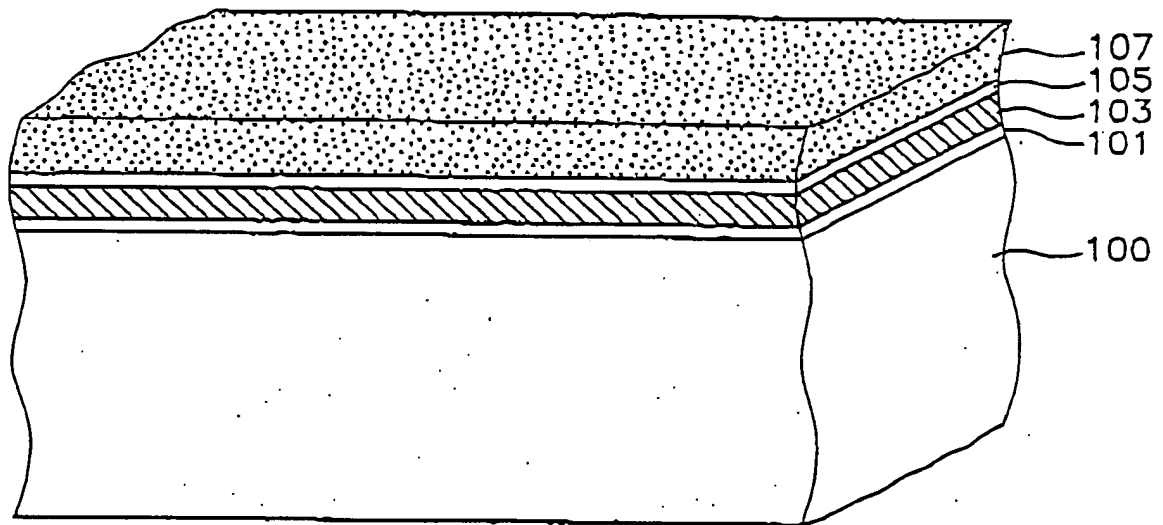
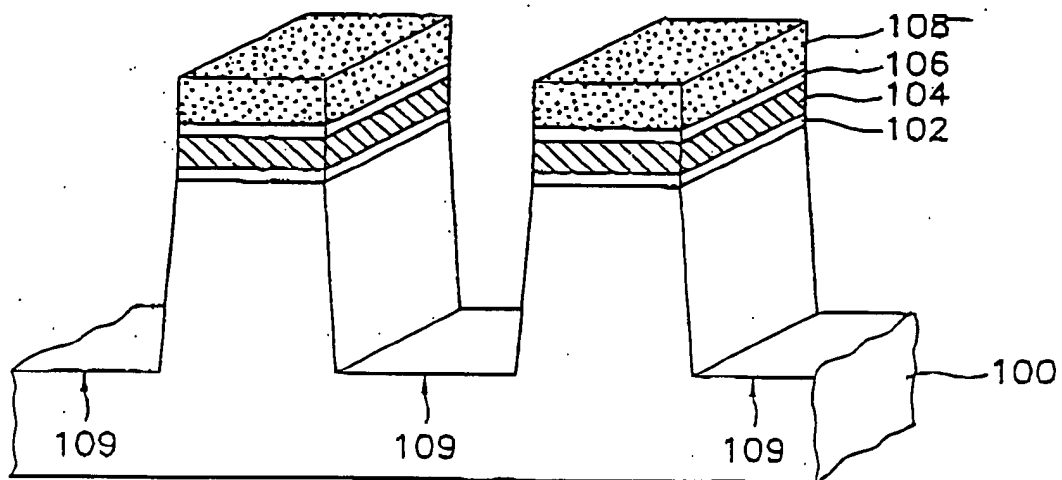


FIG. 4B



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**